

Eksergi, Vol 17, No. 2. 2020
ISSN: 1410-394X

Biokeramik Hidroksiapatit (HAp) Berbahan Dasar Cangkang Tiram *Anodonta nuttaliana* dari Danau Poso

Bioceramic Hydroxyapatite (HAp) Made From *Anodonta nuttaliana* Clams Shells from Poso Lake

Agung Rimayanto Gintu^{*1}, Elizabeth Betty Elok Kristiani² dan Yohanes Martono³

¹Magister Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana, Jl. Diponegoro No. 52-60 Salatiga, Indonesia 50711

²Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana, Jl. Diponegoro No. 52-60 Salatiga, Indonesia, 50711

³Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana, Jl. Diponegoro No. 52-60 Salatiga, Indonesia, 50711

Artikel histori :

Diterima 9 September 2020
Diterima dalam revisi 8 Oktober 2020
Diterima 28 Oktober 2020
Online 31 Oktober 2020

ABSTRAK: Biokeramik Hidroksiapatit (HAp) merupakan suatu komponen kimiawi sintetik dari turunan kalsium fosfat yang umumnya digunakan untuk memperbaiki kerusakan jaringan keras. Biokeramik Hidroksiapatit dapat disintesis dari bahan-bahan yang kaya akan kalsium. Pada penelitian ini dilakukan sintesis dan karakterisasi fisikokimia HAp dari cangkang tiram *Anodonta nuttaliana* yang diperoleh dari danau Poso, Sulawesi tengah. Dari hasil karakterisasi sampel cangkang tiram *A. nuttaliana* diperoleh kadar air $0,50 \pm 0,00\%$; kadar abu $0,9827 \pm 0,0022\text{g/g}$; kadar kalium $0,00135 \pm 0,0002\text{g/g}$; kalsium $0,0165 \pm 0,0034\text{g/g}$; fosfat $0,1920 \pm 0,0424\text{g/g}$ dan rasio Ca/P $1,9389 \pm 0,3039\%$. Sintesis HAp dengan metode pengendapan basa menunjukkan yield sintesis sebesar $95,4320 \pm 0,7085\%$ dengan karakteristik HAp yang dihasilkan menunjukkan kadar kalium $0,0005 \pm 0,00004\text{g/g}$; kalsium $0,9476 \pm 0,0012\text{g/g}$; fosfat $0,528 \pm 0,0075$; rasio Ca/P $1,0307 \pm 0,0932\%$; porositas $73,9598 \pm 1,1320\%$; daya kembang $9,6067 \pm 2,5365\%$; dan biodegradabilitas $8,8206 \pm 0,2176\%$. Dari keseluruhan hasil disimpulkan bahwa cangkang tiram *A. nuttaliana* sangat potensial untuk dijadikan sumber biokeramik hidroksiapatit (HAp).

Kata Kunci: Biokeramik; Cangkang; Hidroksiapatit; Jaringan Keras.

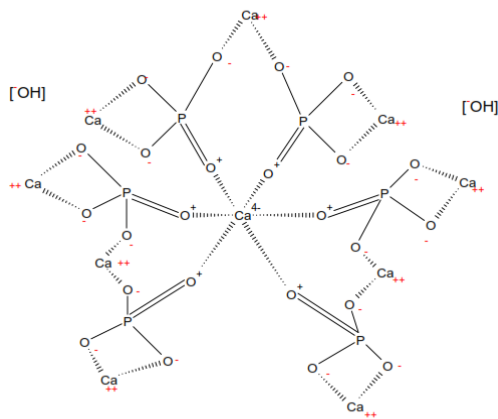
ABSTRACT: Bioceramic Hydroxyapatite (HAp) was a derivated chemical synthetic compound from calcium phosphate commonly used to care the damage of hard tissues. Bioceramic Hydroxyapatite can synthesized from the compounds which rich with calcium contains. In this study threated the synthesis and physicochemical characterization to the HAp made from *Anodonta nuttaliana* clam shells obtained from Poso lake. From the characterization of the sample *A. nuttaliana* shells obtained the water contains $0,50 \pm 0,00\%$; ash contains $0,9827 \pm 0,0022\text{g/g}$; potasium $0,00135 \pm 0,0002\text{g/g}$; calcium $0,0165 \pm 0,0034\text{g/g}$; phosphate $0,1920 \pm 0,0424\text{g/g}$ and the ratio of Ca/P $1,9389 \pm 0,3039\%$. The synthesis of HAp by base precipitation method showed the yield of synthesis $95,4320 \pm 0,7085\%$ with the characteristic of the HAp showed that the potassium contains $0,0005 \pm 0,00004\text{g/g}$; calcium $0,9476 \pm 0,0012\text{g/g}$; phosphate $0,528 \pm 0,0075$; ratio of Ca/P $1,0307 \pm 0,0932\%$; porosity $73,9598 \pm 1,1320\%$; swelling ability $9,6067 \pm 2,5365\%$; and biodegradability $8,8206 \pm 0,2176\%$. From the overall results concluded that the *A. nuttaliana* clam shells was very potential to became a source of Bioceramic Hydroxyapatite (HAp).

Key Words: Bioceramics; Hydroxyapatit; Hard Tissues; Shells

*Corresponding Author:
Email: agunggintu911@gmail.com

1. Pendahuluan

Hidroksiapatit HAp merupakan komponen sintetik turunan kalsium dengan rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (Mittal et al, 2011); rasio Ca/P 1,67%; densitas 3,19g/ml (Ferraz et al, 2004); simetri ruang $\text{P6}_3/\text{m}$; parameter kisi $a = 9,432\text{\AA}$, $c = 6,875\text{\AA}$ dan system kristalnya heksagonal (Kusrini dan Sontang, 2012 dalam Rachmania, 2012). HAp dapat disintesa dari komponen kaya kalsium dan umumnya komposit HAp digunakan untuk mereparasi tulang yang mengalami fraktura dan menambal gigi yang berlubang (Amrina, 2008). Struktur kimia HAp ditunjukkan pada Gambar 1.

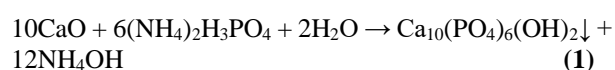


Gambar 1. Struktur Kimia HAp (Agrawal et al, 2011; Elkayar et al, 2009)

Struktur kimia HAp berpotensi sebagai komponen remineralisasi jaringan keras karena memiliki kesamaan struktur dengan kalsium penyusun tulang (Amrina, 2008). HAp sangat populer di dunia medis terutama reparasi tulang karena sifatnya yang *biocompatible* dan dapat menggantikan pen (platina) dalam penanganan fraktura tulang (Ramli et al, 2011). Beberapa penelitian sintesis HAp sebelumnya di Indonesia menggunakan bahan kerabang telur dan cangkang *Mollusca* menunjukkan hasil dan korelasi hasil yang positif (Affandi et al, 2015; Amrina, 2008; Fitri, 2014; Gintu et al, 2017a).

Penelitian sebelumnya di Indonesia menggunakan beberapa sumber yaitu: tulang sapi (Wahdah et al, 2014), cangkang *Mollusca* (Affandi et al, 2015; Fitri, 2014), kerabang telur (Gintu et al, 2017a; Mahreni et al, 2012; Wadu et al, 2017), ion kalsium dan fosfat dalam membran selulosa bacterial (Windarti dan Yayuk, 2006) dan kalsit (Prabaningtyas, 2015).

Cangkang *Mollusca* juga dapat dijadikan sumber HAp karena memiliki kandungan kalsium yang lebih tinggi daripada kerabang telur (Affandi et al, 2015; Fitri, 2014). Pada proses sintesis HAp dari cangkang *Mollusca* terjadi reaksi kimia pada persamaan 1 (Ningsih et al, 2014).



Penelitian oleh Ningsih et al (2014) yang melakukan sintesis HAp dari cangkang kerang kepah (*polymesoda erosa*) melaporkan bahwa semakin lama waktu pengadukan, semakin besar presentase HAp yang dihasilkan. Hasil Sintesis HAp oleh Ningsih et al (2014) ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sintesis HAp dari Cangkang Kerang Kepah dengan Variasi Waktu Pengadukan (Ningsih et al, 2014)

Waktu Pengadukan (Menit)	Presentase HAp (% w/w)
30	53
60	60
90	71

Penggunaan cangkang kerang sebagai sumber HAp digagaskan karena kelimpahan di Indonesia sangat potensial yaitu sebesar 34.929 ton per tahun dimana kerang darah merupakan komoditas utama (Affandi et al, 2015). Komposisi mineral penyusun cangkang kerang darah ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Mineral Penyusun Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*) (Awang-Hazmi, 2007 dalam Khoirudin et al, 2015)

Komponen	Kandungan (% Berat)
CaCO_3	98,7
Na	0,9
P	0,02
Mg	0,05
Fe, Cu, Ni, B, Zn dan Si	0,2

Di negara Indonesia HAp umumnya digunakan untuk mejadi biokeramik untuk meng-implant jaringan keras yang rusak (gigi dan tulang) (Rahmawati et al, 2012) karena menurut Amrina (2008) dan Nurmatu et al (2014), butuh komposit yang memiliki kesamaan struktur dengan tulang untuk mereparasi dan remineralisasi tulang. HAp sendiri tersusun atas kalsium dan fosfat yang mirip penyusun tulang sehingga sangat memungkinkan untuk dijadikan bahan remineralisasi dan reparasi jaringan keras (Gintu et al, 2017a; Wadu et al, 2017). Sintesis material untuk keperluan *bone graft*, *bone filer* dan *bone implant* berbasis HAp didasari oleh kebutuhan akan donor tulang yang terbatas namun banyak yang membutuhkan (Nurmatu et al, 2014; Susanto et al, 2014). Contohnya, Rumah Sakit Doktor Soetomo Surabaya setiap bulannya menangani 300-400 kasus bedah tulang sehingga memicu kenaikan permintaan material implant tulang (Gunawan et al, 2010 dalam Susanto et al, 2014). Selain itu, Indonesia juga adalah negara dengan jumlah penderita patah tulang terbanyak se-Asia (Susanto et al, 2014). Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan sediaan biokeramik Hidroksiapatit (HAp) yang disintesis dari cangkang Tiram Mutiara (*Anodonta nuttalliana*) air tawar dari Danau Poso untuk keperluan remineralisasi dan reparasi jaringan keras.

2. Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu pengambilan sampel cangkang tiram *A. nuttalliana* dilakukan pada bulan Juli-Agustus 2018 di daerah pinggiran Danau Poso dalam area Kota Wisata Tentena hingga Kawasan Wisata Siuri (\pm 28 Km sepanjang tepian Danau). Analisis dan sintesis HAp dilakukan di Laboratorium Fakultas Biologi dan Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga, Jawa Tengah. Waktu analisis dan sintesis dilakukan pada September – Desember 2018 hingga Januari 2019.

2.2 Karakterisasi Sampel Cangkang Tiram *A. nuttalliana*

Kadar Air, Abu, Bahan Organik, Karbon, dan Silikon

Pengukuran Kadar Air, Abu, Bahan Organik, Karbon, dan Silikon dilakukan dengan metode grafimetrik (Sulaeman dkk, 2005).

Kadar Fosfor dan Sulfat

Kadar Fosfor diukur secara spektrofotometrik pada λ 860nm menggunakan pereaksi Molybdat-Ascorbat (Bray) mengacu pada Sulaeman dkk (2005), dan menggunakan pereaksi Molybdat-Vanadat pada λ 880nm menggunakan Hach Fotometer (angka 490 dan 496).

Kadar sulfat diukur dengan pereaksi yang sama namun dilakukan pada λ 620nm (Sulaeman et al, 2005)

Kalium

Pengukuran Kadar Kalium menggunakan pereaksi HNO_3 pekat dan 10 HClO_4 pekat lalu diukur menggunakan fotometer nyala (*Flame photometer*) (Sulaeman et al, 2005)

Kadar Kalsium

Pengukuran kadar kalsium (Ca) secara spektrofotometrik menggunakan pereaksi mureksid pada λ 515nm mengacu pada Rahayu et al (2011)

Sintesis Biokeramik Hidroksiapatit (HAp) dari Cangkang Tiram *A. nuttalliana*

Sintesis biokeramik HAp dari cangkang tiram mutiara (*Anodonta nuttalliana*) air tawar dari Danau Poso menggunakan metode pengendapan basa. Cangkang dilarutkan dalam HCl pekat dengan rasio 1:10 w/v, setelah larut ditambahkan NH_3 (PA) hingga pH 9,5. Setelah pH mencapai 9,5 dilakukan penambahan pereaksi KH_2PO_4 0,8M hingga endapan berhenti terbentuk (larutan jenuh). Endapan yang dihasilkan dipisahkan dari larutan kemudian dilarutkan lagi dengan HCl pekat hingga pH 1 lalu di sintering pada suhu 70°C selama 2 jam hingga terbentuk endapan *Brushite*. Endapan brushite selanjutnya dipijar pada suhu 200°C selama 2 jam dilanjutkan pada suhu 1000°C selama 5 jam lalu diperoleh padatan Kristal putih HAp (Mittal et al, 2011).

Karakterisasi Biokeramik Hidroksiapatit (HAp) dari Cangkang Tiram *A. nuttalliana*

Kadar Kalium

Pengukuran Kadar Kalium menggunakan pereaksi HNO_3 pekat dan 10 HClO_4 pekat lalu diukur menggunakan fotometer nyala (*Flame photometer*) (Sulaeman et al, 2005)

Fosfor dan Sulfat

Kadar Fosfor diukur secara spektrofotometrik pada λ 860nm menggunakan pereaksi Molybdat-Ascorbat (Bray) mengacu pada Sulaeman dkk (2005), dan menggunakan pereaksi Molybdat-Vanadat pada λ 880nm menggunakan Hach Fotometer (angka 490 dan 496)

Kadar sulfat diukur dengan pereaksi yang sama namun dilakukan pada λ 620nm (Sulaeman et al, 2005)

Kadar Kalsium

Pengukuran kadar kalsium (Ca) secara spektrofotometrik mengacu pada Rahayu et al (2011).

Karakterisasi Biokimiawi HAp

Karakterisasi biokimiawi HAp hasil sintesis dari cangkang tiram *A. nuttalliana* meliputi pengukuran Porositas, Biodegradabilitas dan Daya Kembang dengan metode grafimetrik dan maserasi dalam larutan campuran aquades, etanol dan buffer PO_4 mengacu pada Wahl & Czernuszka (2006); Wattanuchariya & Whattanapong (2014); Gintu et al (2017b).

3. Hasil dan Pembahasan (Result and Discussion)

Tiram *A. nuttalliana* merupakan salah satu jenis *Mollusca* penghuni danau Poso sehingga sangat mudah menemukan cangkang tiram ini (yang sudah kosong) di sepanjang pinggiran danau Poso yang berpasir. Cangkang-cangkang tersebut berserakan seperti kodisi di pinggir laut dan tidak digunakan atau dimanfaatkan lagi. Cangkang-cangkang tiram *A. nuttalliana* berpotensi sebagai sumber HAp karena kaya akan kalsium (Ca) dan fosfor (PO_4) seperti cangkang-cangkang *Mollusca* pada umumnya.

Komponen kalsium dan fosfor merupakan bahan (atomic) penyusun struktur kimia HAp. Sebelum cangkang tiram *A. nuttalliana* dikarakterisasi, dilakukan klasifikasi taksonomi. Taksonomi tiram *Anodonta nuttalliana* ditampilkan pada Gambar 2.

Karakterisasi kimiawi terhadap cangkang tiram *A. nuttalliana* dilakukan untuk memperkuat dugaan atau prakira yang memperkirakan bahwa cangkang tiram *A. nuttalliana* berpotensi sebagai sumber HAp karena kaya akan mineral penyusun struktur kimiawi HAp terutama kalsium (Ca) dan Fosfor (P).



Gambar 2. Cangkang Tiram *A. nuttalliana*

Kingdom: *Animalia*
Phylum: *Mollusca*
Class: *Bivalvia*
Order: *Unionida*
Family: *Unionidae*
Genus: *Anodonta*
Species: *Anodonta nuttalliana* (Chong et al, 2008)

Habitat: tepian berpasir atau berlumpur dari danau dan sungai yang tidak berarus deras dan beriak (Ministry of Forest, Lands and Natural Resources Operations, 2014).

Dalam cangkang *Mollusca*, kalsium (Ca) tidak langsung berbentuk HAp melainkan CaCO_3 (Kalsium Karbonat) dan/atau Ca_2PO_4 (Kalsium Fosfat) (Awang-Hazmi, 2007 dalam Khoirudin dkk, 2015), yang mana kedua struktur ini sangat rapuh jika diaplikasikan langsung untuk remineralisasi jaringan keras tubuh makhluk hidup terutama pada jaringan keras yang menopang massa tubuh sehingga perlu dilakukan modifikasi struktur dari CaCO_3 dan Ca_2PO_4 menjadi $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ yang umumnya dikenal dengan nama “Biokeramik Hidroksiapatit (HAp)” yang memiliki ikatan antara Ca-P-O lebih kuat sehingga menghasilkan suatu struktur kristal HAp yang keras, cukup kuat dan rekat untuk dijadikan komponen remineralisasi (Yakin, 2013). Hasil karakterisasi sampel cangkang tiram *Anodonta nuttalliana* dari Danau Poso ditampilkan pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil karakterisasi dari cangkang tiram *A. nuttalliana* yang ditampilkan pada Tabel 3 maka praduga tentang potensi cangkang tiram ini dapat diperkuat karena cangkang tiram *A. nuttalliana* mengandung semua mineral yang dibutuhkan untuk sintesis HAp. Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 3 juga dapat diperkirakan bahwa kemungkinan cangkang tiram *A. nuttalliana* berpeluang menghasilkan tiga jenis Biokeramik Apatit yaitu: Hidroksiapatit atau HAp dengan rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (Mittal et al, 2011), Karbonat apatit atau CAP dengan rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{CO}_3)_3(\text{OH})_2$ (CAP Tipe I) dan $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{CO}_3$ (CAP Tipe II) (Yakin, 2013), serta agen remineralisasi lain yang berbahan utama Kalium (K) dalam struktur kimianya Sintesis HAp pada penelitian ini dilakukan dengan metode pengendapan basa.

Hasil karakterisasi pada Tabel 3 diperkuat lagi dari hasil sintesis HAp dari cangkang tiram *A. nuttalliana* menunjukkan tingkat potensi keberhasilan sintesis HAp sebesar $95,4320 \pm 0,7085\%$ dengan tingkat reduksi material selama sintesis sebesar $4,5680 \pm 0,7085\%$ (ditampilkan dalam Tabel 4), menunjukkan bahwa cangkang tiram *A. nuttalliana* berpotensi sebagai sumber biokeramik Hidroksiapatit (HAp).

Tabel 3. Hasil Karakterisasi Sampel Cangkang Tiram *A. nuttalliana* dari Danau Poso

Metode	Kadar	Satuan	Hasil
Grafimetri k	Air	%	$0,50 \pm 0,00$
	Abu	g/g	$0,9827 \pm 0,0022$
	Bahan Organik	g/g	$0,0191 \pm 0,0023$
	Karbon (CO)	g/g	$0,0111 \pm 0,0014$
	Silikon (Si)	g/g	$0,0970 \pm 0,0087$
Titrimetrik	Silikat (SiO)	g/g	$0,3079 \pm 0,0097$
	Kalsium	g/g	$0,01998 \pm 0,0003$
Spektrofotometrik	Kalsium (Ca)	g/g	$0,0165 \pm 0,0034$
	Sulfat (SO_4)	g/g	$0,0104 \pm 0,0019$
	Kalium (K)	g/g	$0,0013 \pm 0,0002$
	Fosfat (PO_4)	g/g	$0,1919 \pm 0,0424$
	P_2O_5	g/g	$0,0304 \pm 0,0067$
	P_2O_5 Larut	g/g	$0,0073 \pm 0,0006$
	P_2O_5 Total	g/g	$0,0442 \pm 0,0098$
	Fosfor (P)	g/g	$0,0193 \pm 0,0043$
	Terlarut		
	Fosfor (P) Total	g/g	$0,0960 \pm 0,0212$
HACH Fotometer	Rasio Ca/P*	%	$1,9389 \pm 0,3039$
	Fosfat (PO_4)	g/g	$0,0134 \pm 0,0001$
	P_2O_5	g/g	$0,0101 \pm 0,00008$
	Total Fosfor (P) (490)	g/g	$0,0045 \pm 0,00003$
	Total Fosfor (P) (496)	g/g	$0,0054 \pm 0,0001$
	Rasio Ca/P**	%	$2,24 \pm 0,05$

*Rasio Ca/P berdasarkan kadar P yang terukur menggunakan metode Bray dengan pereaksi Molybdat-Askorbat menggunakan Spektrofotometer

**Rasio Ca/P berdasarkan kadar P yang terukur menggunakan metode Olsen dengan pereaksi Molybdat-Vanadat (Blue Molybdat) menggunakan Hach Fotometer

Biokeramik HAp hasil sintesis dikarakterisasi untuk tujuan standarisasi sesuai acuan terutama untuk jumlah rasio kalsium (Ca) terhadap fosfor (P) (Ca/P). Hasil karakterisasi biokeramik hidroksiapatit (HAp) dari cangkang tiram *A. nuttalliana* ditampilkan pada Tabel 4.

Sintesis HAp pada penelitian ini menggunakan metode pengendapan basa dengan suhu pemijaran 1000°C selama 3 jam. Pada suhu sintesis ini semua senyawa dan atom Karbon (C dan CO_x) dipastikan menguap sehingga pada sintesis ini sangat sulit untuk memastikan terbentuknya species Biokeramik Apatit lain seperti CAP, karena karbon akan terpijar pada suhu 600°C (Sulaeman et al, 2005) sehingga dapat dipastikan yang terbentuk pada proses sintesis ini adalah Hidroksiapatit (HAp) (Mittal et al, 2011). Biokeramik lain yang berbahan dasar kalium (K) sangat sulit dipastikan karena hasil pengukuran kalium menunjukkan jumlah terbilang sangat kecil yaitu $0,0005 \pm 0,00004\text{g/g}$. Dalam proses pemijaran pada suhu 1000°C juga mengakibatkan reduksi kadar kalsium hingga tersisa $0,0095\text{g/g}$ pada HAp (tanpa mempertimbangkan factor pengenceran) atau $0,9479\text{g/g}$ (jika mempertimbangkan factor pengenceran), kadar kalsium yang terukur dari HAp adalah kadar kalsium yang

membentuk HAP (terikat dalam struktur Kristal) sementara Ca yang diluar struktur HAP terpijarkan. Ca dalam struktur tidak terpijarkan karena energi ikat antara Ca, P dan O dalam HAP cukup kuat untuk menahan energi pada suhu 1000°C (Yakin, 2013). Pada pengukuran kadar Ca, pengukuran dilakukan 2 kali menggunakan metode berbeda yaitu titrimetric dan spektrofotometrik.

Tabel 4. Hasil Karakterisasi Biokeramik Hidroksiapatit (HAP) dari Cangkang Tiram *A. nuttalliana*

Metode	Parameter Sintesis	Satuan	Hasil
Grafimetric	Rendemen	%	4,5680 ± 0,7085
	Yield	%	95,4320 ± 0,7085
	Kadar Mineral		
Titrimetric	Kalsium (Ca)	g/g	0,0197 ± 0,0001
Spektrofotometrik	Kalsium (Ca)	g/g	0,9479 ± 0,0011
	Sulfat (SO ₄)	g/g	0,0040 ± 0,0003
	Kalium (K)	g/g	0,0005 ± 0,00004
	Fosfat (PO ₄)	g/g	0,5283 ± 0,0075
	P ₂ O ₅	g/g	0,084 ± 0,0012
	P ₂ O ₅ Larut	g/g	0,040 ± 0,0006
	P ₂ O ₅ Total	g/g	0,1221 ± 0,0017
	Fosfor (P) Terlarut	g/g	0,0053 ± 0,0008
	Fosfor (P) Total	g/g	0,2641 ± 0,0038
	Rasio Ca/P*	% massa	1,0307 ± 0,0932
HACH Fotometer	Fosfat (PO ₄)	g/g	0,133 ± 0,00006
	P ₂ O ₅	g/g	0,0991 ± 0,00006
	Total Fosfor (P) (490)	g/g	0,44 ± 0,00003
	Total Fosfor (P) (496)	g/g	0,35 ± 0,00007
	Rasio Ca/P**	% massa	0,96 ± 0,02
Parameter Biokimia			
Grafimetric	Porositas	%	73,9598 ± 1,1320
	Biodegradabilitas	%	8,8206 ± 0,2176
	Daya Kembang	%	9,6067 ± 2,5365
Pengamatan Kualitatif			
Pengindraan Langsung	Tekstur	-	Agak Kasar
	Bentuk	-	Butiran/Serpihan
	Warna	-	Abu-abu Pudar

*Rasio Ca/P berdasarkan kadar P yang terukur menggunakan metode Bray dengan pereaksi Molybdat-Askorbat menggunakan Spektrofotometer

**Rasio Ca/P berdasarkan kadar P yang terukur menggunakan metode Olsen dengan pereaksi Molybdat-Vanadat (Blue Molybdat) menggunakan Hach Fotometer

Hasil pengukuran metode titrimetric menunjukkan kadar Ca yang lebih besar karena menggunakan pereaksi EDTA yang juga dapat bereaksi dengan Mg sehingga kadar Ca yang diperoleh bukanlah angka kadar Ca sesungguhnya melainkan angka kandungan sadah (campuran Ca dan Mg) (Sulaeman et al, 2005). Sementara kadar yang diperoleh dari metode spektrofotometrik pada λ 515nm menggunakan pereaksi Mureksid menunjukkan kadar Ca sebagai CaCO₃ (spesifik) (Rahayu et al, 2011) sehingga terukur lebih kecil dari hasil metode titrimetric.

Parameter lain untuk karakterisasi HAP adalah dengan mengukur perbandingan kalsium terhadap fosfor (Rasio Ca/P). Perbandingan jumlah Rasio Ca/P dari penelitian-penelitian sebelumnya dibandingkan dengan HAP hasil sintesis dari cangkang tiram *A. nuttalliana* ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Rasio Ca/P HAP hasil Sintesis dari Cangkang Tiram *A. nuttalliana* terhadap Penelitian Sebelumnya yang dijadikan Acuan.

Parameter	HAP Cangkang Tiram <i>A. nuttalliana</i>	Penelitian Sebelumnya		
		Wadu et al (2017)	Nurmata et al (2014)	Windarti & Yayuk (2006)
Rasio Ca/P (% mass a)	1,0307 ± 0,0932 (Bray)	1,07 %	1,66 %	1,6760 %
		1,06 %	1,74 %	1,8209 %
			1,88 %	0,0433 %
			1,78 %	0,0599 %
	0,96 ± 0,02 (Olsen)			0,0423 %

Rasio Ca/P pada HAP dalam penelitian ini menunjukkan hasil yang mendekati penelitian-penelitian sebelumnya, menunjukkan bahwa HAP yang diperoleh dari sintesis dapat disetarakan dengan hasil-hasil penelitian lain yang menjadi acuan. HAP hasil sintesis dari cangkang tiram *A. nuttalliana* ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Biokeramik HAP Hasil Sintesis dari Cangkang Tiram *Anodonta nuttalliana* (Dokumentasi Pribadi Penulis)

Warna HAP yang dihasilkan tidak putih sepenuhnya seperti yang di laporkan oleh penelitian-penelitian sebelumnya. HAP yang dihasilkan pada penelitian ini berwarna putih abu-abu karena adanya kandungan belerang dari sampel cangkang tiram yang masih menempel pada HAP setelah di sintesis. Kandungan belerang (S) yang masih terkandung dalam HAP adalah sebesar 0,0040±0,0003g/g.

Selanjutnya dilakukan karakterisasi biokimiawi untuk melakukan standarisasi dengan parameter medis dengan tujuan mengetahui sifat-sifat biokimiawi HAP sebelum diaplikasikan. Karakterisasi biokimiawi meliputi pengukuran Porositas, Biodegradabilitas, dan Daya Kembang. Perbandingan porositas HAP dari penelitian-penelitian sebelumnya dibandingkan dengan HAP hasil

sintesis dari cangkang tiram *A. nuttalliana* ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Porositas HAp hasil Sintesis dari Cangkang Tiram *A. nuttalliana* terhadap Penelitian Sebelumnya yang dijadikan Acuan

Parameter	HAp Cangkang Tiram <i>A. nuttalliana</i>	Penelitian Sebelumnya	
		Nurmata et al (2014)	Gintu et al (2017b)
Porositas (%)	73,9598 ± 1,1320	88,442	63,7476
		84,890	±
		74,830	5,79145
		63,906	

Porositas menunjukkan kemampuan Biokeramik HAp membentuk pori. Pembentukan pori berfungsi untuk tempat terbentuknya sel jaringan keras yang baru saat HAp diaplikasikan sebagai agen remineralisasi jaringan keras. Parameter Biodegradabilitas berfungsi menunjukkan perhitungan pendekatan tingkat keteruraian HAp jika diaplikasikan dalam tubuh makhluk hidup (terutama manusia) untuk mereparasi jaringan keras yang mengalami kerusakan. Biodegradabilitas HAp hasil sintesis dari cangkang tiram *A. nuttalliana* menunjukkan hasil pengukuran sebesar $8,8206 \pm 0,2176\%$, lebih rendah dari hasil penelitian sebelumnya oleh Gintu et al (2017b) yang menunjukkan biodegradabilitas sebesar $27,8833 \pm 0,46448\%$, presentase biodegradabilitas pada kisaran ini masih tergolong aman karena jika biodegradabilitas terlalu besar maka struktur HAp akan rapuh ketika diaplikasikan (Wahl & Czernuszka, 2006; Wattanuchariya & Whattanapong, 2014; Gintu et al, 2017b).

Pengukuran daya kembang bertujuan sebagai patokan pendekatan biokimiawi terhadap HAp jika diaplikasikan kepada makhluk hidup apakah HAp akan mengalami pemuain massa dan volume ketika bereaksi dengan senyawa kimia dalam tubuh. Jika HAp yang dihasilkan sangat tanggap terhadap reaksi kimia maka daya kembangnya akan besar sehingga strukturnya akan melemah ketika diaplikasikan untuk memperbaiki jaringan keras. Daya kembang HAp yang dihasilkan dari penelitian ini sebesar $9,6067 \pm 2,5365\%$ per 7x24 jam; lebih kecil dari hasil penelitian sebelumnya oleh Gintu et al (2017b) yang melaporkan bahwa daya kembang biokeramik HAp sebesar $10,9983 \pm 7,36003\%$ per 7x24 jam. Jika daya kembang terlalu besar, biokeramik akan rawan mengalami pemuain terutama volume ketika terpapar reaksi kimia dalam tubuh.

Secara keseluruhan, semua parameter uji dalam karakterisasi biokimiawi HAp berfungsi sebagai pendekatan untuk memperkirakan perubahan kondisi HAp setelah diaplikasikan kedalam tubuh makhluk hidup terutama untuk remineralisasi jaringan keras, atau dijadikan landasan keilmuan untuk tujuan pengembangan gagasan remineralisasi atau reparasi jaringan keras kedepannya. Perlu dilakukan karakterisasi struktur Kristal HAp hasil sintesis, parameter yang paling standar yang disarankan adalah analisis FTIR dan XRD. Jika gagasan

atau penelitian masih tetap akan dilanjutkan maka perlu karakterisasi lanjutan juga menggunakan instrument SEM dan TEM.

4. Kesimpulan

Cangkang tiram *Anodonta nuttalliana* berpotensi sebagai sumber biokeramik Hidroksiapatit (HAp) karena mengandung Kalsium (Ca) sebesar $0,0165 \pm 0,0034\text{g/g}$ dan Fosfor (P) sebesar $0,0960 \pm 0,0212\text{g/g}$; Rasio Ca/P sebesar $1,9389 \pm 0,3039\%$ (w/w). Proses sintesis HAp dari cangkang tiram *A. nuttalliana* menggunakan metode Pengendapan Basa dengan suhu pemijaran 900°C . Hasil sintesis HAp dari cangkang tiram *A. nuttalliana* menunjukkan tingkat potensi keberhasilan sintesis HAp sebesar $95,4320 \pm 0,7085\%$ dengan tingkat reduksi material selama sintesis sebesar $4,5680 \pm 0,7085\%$; sediaan HAp yang diperoleh berbentuk butiran berwarna abu-abu dengan kadar Kalsium (Ca) sebesar $0,0095 \pm 0,0011\text{g/g}$; kadar Fosfor (P) sebesar $0,0264 \pm 0,0038\text{g/g}$; Rasio Ca/P sebesar $1,0307 \pm 0,0932\%$, Porositas sebesar $73,9598 \pm 1,1320\%$ (w/w); Biodegradabilitas sebesar $8,8206 \pm 0,2176\%$ (w/w) dan Daya Kembang sebesar $9,6067 \pm 2,5365\%$ per 7x24 jam. Proses karakterisasi bertujuan untuk melakukan penyetaraan HAp terhadap acuan-acuan yang dijadikan standar tolok ukur agar bukti dari hasil karakterisasi dapat dijadikan landasan aplikasi atau pengembangan gagasan kedepannya. Berdasarkan hasil karakterisasi dapat disimpulkan bahwa HAp hasil sintesis dari cangkang tiram *A. nuttalliana* berpotensi untuk diaplikasikan sebagai suatu komponen remineralisasi jaringan keras.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih diucapkan kepada lembaga Prodi Magister Biologi, Fakultas Biologi dan Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Matematika Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga yang telah menjadi wadah serta penyedia sarana selama penelitian berlangsung

Daftar Pustaka

- Affandi., Amri., & Zultinir., 2015, Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*) dengan proses Hidrotermal Variasi Rasio Mol Ca/P dan Suhu Sintesis. *Jom FTEKNIK Vol. 2, No. 1*, Februari.
- Agrawal K., Sigh G., Puri D & Prakash S., 2011, Synthesis and Characterization of Hydroxyapatite Powder by Sol-Gel Method For Biomedical Application, *Journal Of Minerals & Materials Characterization & Engineering*
- Amrina, Q H., 2008, Sintesa Hidroksiapatit dengan Memanfaatkan Limbah Cangkang Telur : Karakterisasi Difraksi Sinar-X dan Scanning Electron Microscopy (SEM). Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Chong, J P., Jayne, C B B., Jeanette, K H., David, W., Terry, L M., Karen, E M., 2008, Three Deeply Divided Lineages of The Freshwater Mussel Genus *Anodonta* in

- Western North America, *Conserv.Genet* (2008) 9: 1303-1309. DOI: 10.1007/s10592-007-9485-x.
- Elkayar A., Elshazly Y & Assaad M., 2009, Properties Of Hydroxyapatite from Bovine Teeth. *Libertas Academica*
- Ferraz, M P., Monteiro, F J., & Manuel, C M., 2004, Hydroxyapatite nanoparticles: A review of preparation methodologies. *Journal of Applied Biomaterials and Biomechanics*, Vol.2:74-80.
- Fitri, D K. 2014, Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Keong Sawah (*Bellanya javanica*) dengan Metode Basah dan Modifikasi Pori dengan Kitosan. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Gintu, A R., Imelda, W., Marchelia W S., & Sri Hartini. 2017, Sintesa Biokeramik Hidroksiapatit (HAp) dari Kerabang Telur Ayam Kampung, Ayam Broiler dan Bebek Menggunakan Metode Pengendapan Basa dan Hidrolisis *Brushit*. *Jurnal BIOMA UPGRIS Vol.6 No.2*, Oktober 2017 (a).
- Gintu, A R., Imelda, W., Marchelia W S., & Sri Hartini, 2017, Karakterisasi Fisikokimia Biokeramik Campuran HAp-Kitosan, *Prosiding SNSE IV UPGRIS 2017* (b).
- Khoirudin, M., Yelmida., & Zultiniar, 2015, Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit (HAp) dari Kulit Kerang Darah (*Anadara granosa*) dengan Proses Hidrotermal. *JOM FTEKNIK Vol. 2 No.2*.
- Mahreni, Endang S., Saeful S., & Willyam C., 2012, Pembuatan Hidroksiapatit dari Kulit Telur. *Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*. Yogyakarta.
- Mittal, M., Prakash S., Nath K. S., & Sapra K. P., 2011, Preparasion Metodology of Hydroxyapatite Powder. Departement of Metallurgical and Materials, Indian Institute of Technology.
- Ministry of Forest, Lands and Natural Resources Operations, Thompson Okanagan Region Resource Management, 2014, Western, Oregon and Floaters *Anodonta spp.* (kinnerlyi, Oregonensis, and nuttalliana), British Columbia.
- Ningsih, R P., Nelly, W., & Lia, D., 2014, Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Kerang Darah (*Polymesoda erosa*) dengan Variasi Waktu Pengadukan. *JKK 2014 Vol.3 No.1*: 22-26.
- Nurmata, D A., Djoni, I R., & Jan, A. 2014. Optimasi Parameter Waktu Sintering pada Pembuatan Hidroksiapatit Berpori untuk Alikasi *Bone Filler* pada Kasus Kanker Tulang. *Jurnal Fisika dan Terapannya Vol.2 No.2*
- Prabaningtyas, R AJ M Safanti, 2015, Karakterisasi Hidroksiapatit dari Kalsit (PT. Dwi Selo Giri Mas Sidoarjo) sebagai Bone Graft Sintetis Menggunakan X-Ray Diffractomete (XRD) dan Flourier Transform Infra Red (FTIR). Universitas Jember
- Rahmawati, A., Noor, I I., Heru, S; & Samsudin, A., 2012, Sintesis *Hydroxyapatite* Berukuran Nano dengan Metode Elektrokimia Menggunakan *Pulse Direct Current* (PDC) sebagai Bioimplant Tulang dan Gigi, *Jurnal Teknik POMITS, Vol.1 No.1*: 1-4.
- Rahayu, W S., Pri, I U., & Anis, K. 2011. *Validitas Penetapan Kadar Kalsium dalam Sediaan Tablet Multivitamin Secara Spektrofotometri Ultraviolet – Visible*. ISSN 1693-359.
- Ramli, R. A., Rohana A., Mohamad A. B., & Sam'an M. M., 2011, Synthesis and Characterisation of Pure Nanoporous Hydroxyapatite. *Journal of Physical Science, Vol. 22(1)*: 25-37.
- Sulaeman., Suparto., & Evianti, 2005, Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Bogor. Balai Penelitian Tanah Departemen Pertanian.
- Susanto, E P N., Amiatun., & Dyah, H., 2014, Sintesis dan Karakterisasi Paduan Kobalt dengan Variasi Cr Melalui Metode Peleburan sebagai Material Implan. *Jurnal Fisika dan Terapannya Vol.2 No.2*.
- Wadu, I., Hartati, S., & Margareta, N C. 2017. SINTESA DAN PENENTUAN KADAR KALSIUM – FOSFAT HIDROKSIAPATIT (HAp) DARI KERABANG TELUR AYAM. JKPK UNS 2017.
- Wadhah, I., Sri, W., & Darjito, 2014, Sintesis Hidroksiapatit dari Tulang Sapi dengan Metode Basa-Pengendapan. *Kimia Student Journal Vol.1 No.1*, pp:92-97.
- Wahl DA & Czernuszka JT. 2006. “ Collagen-Hydroxyapatite Composites For Hard Tissues Repair “. European Cels and Materials.
- Wattanuchariya W & Whattanapong C., 2014, Characterization of Porous Scaffold from Chitosan-Gelatin/Hidroksiapatite for Bone Grafting. IMECS. Hongkong.
- Windarti, T., & Yayuk, A., 2006, Pengaruh Konsentrasi Ca^{2+} dan PO_4^{3-} pada Pembentukan Hidroksiapatit di dalam Matriks Selulosa Bakterial. *JSKA Vol.IX No.3*.
- Yakin, K., 2013, Perhitungan Energi Disosiasi Ca-O dan C-O pada Gugus Fungsi Hidroksiapatit Menggunakan Permodelan Spektroskopi Inframerah. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, *Institut Pertanian Bogor. Skripsi*